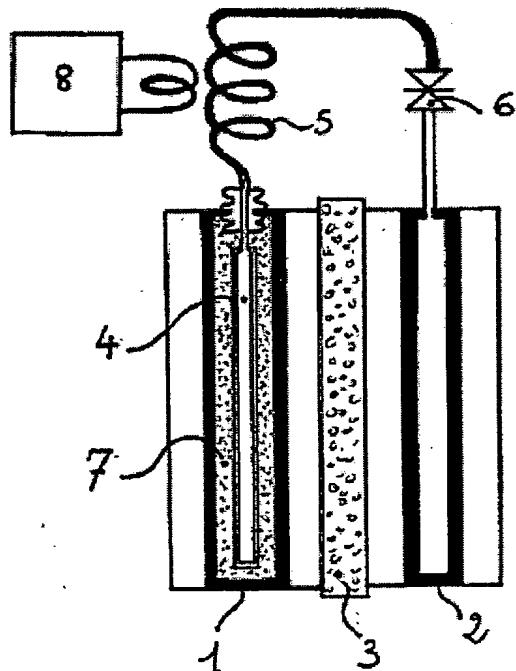


Zeolite heat pump which can be regenerated by high-frequency electric heating

Patent number: FR2666141
Publication date: 1992-02-28
Inventor: MICHEL ROCHE
Applicant: BOURGOGNE TECHNOLOGIES (FR)
Classification:
- international: F25B17/08; F25B30/04; F25B49/00; H05B6/48;
H05B6/62
- european: F25B35/04, H05B6/62
Application number: FR19900010746 19900824
Priority number(s): FR19900010746 19900824

Abstract of FR2666141

The invention relates to a heat pump using pumping of the thermodynamic fluid by adsorption on zeolites; the particular feature of the system according to the invention being the mode of regeneration by high-frequency heating. It comprises: a condenser (1) filled with zeolites (7) and an evaporator (2) which are separated by a thermal insulant (3). Inside the condenser (1), a hollow electrode (4) is found, making it possible to collect the vapour, which electrode is supplied with high voltage at high frequency via the transformer (5) by the generator (8). It can be used in all known applications of heat pumps.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

2 666 141

(21) N° d' enregistrement national :

90 10746

(51) Int Cl⁵ : F 25 B 30/04, 17/08, 49/00; H 05 B 6/48, 6/62

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 24.08.90.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : 28.02.92 Bulletin 92/09.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche : Se reporter à la fin du présent fascicule.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : BOURGOGNE TECHNOLOGIES
Association Loi 1901 — FR.

(72) Inventeur(s) : Roche Michel.

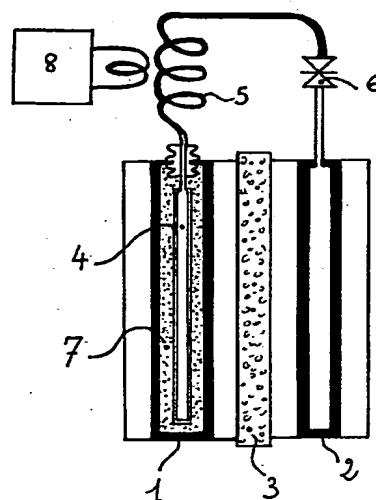
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire :

(54) Pompe à chaleur à zéolithes régénérable par chauffage électrique à haute fréquence.

(57) L'invention concerne la pompe à chaleur utilisant un pompage du fluide thermodynamique par adsorption sur zéolithes; la particularité du système suivant l'invention étant le mode de régénération par chauffage à haute fréquence. Il comprend: un condenseur (1) rempli de zéolithes (7) et un évaporateur (2) qui sont séparés par un isolant thermique (3). A l'intérieur du condenseur (1), on trouve une électrode creuse (4) permettant de collecter la vapeur, qui est alimentée en haute tension à haute fréquence via le transformateur (5) par le générateur (8).

Elle peut être utilisée dans toutes les applications connues des pompes à chaleur.



FR 2 666 141 - A1



DESCRIPTION TECHNIQUE

La présente invention concerne la pompe à chaleur, ou d'une façon plus générale, 5 toutes les machines frigorifiques utilisant un cycle thermodynamique basé sur le pompage de la vapeur au moyen de zéolithes. Très fréquemment le fluide thermodynamique est de l'eau.

Une particularité de ces cycles thermodynamiques, qui sont maintenant très bien 10 connus, est le caractère discontinu de leur fonctionnement, lequel est imposé par la nécessité de régénérer périodiquement la pompe à zéolithes. Ainsi, un cycle comprend une période de fonctionnement pendant laquelle on peut obtenir du froid à l'évaporateur, suivi d'une période de régénération où l'évaporateur se comporte en condenseur et dégage donc de la chaleur.

15 L'inconvénient des systèmes connus de ce genre vient précisément de cette nécessaire régénération qui est souvent très longue, ce qui réduit la partie utile du cycle et affecte lourdement les performances de la machine, tant au niveau du rendement que de la puissance spécifique.

20 Les premières réalisations utilisaient des systèmes de régénération purement thermiques ; le chauffage du condenseur (qui contient les zéolithes) étant obtenu par des résistances électriques ou au moyen d'un brûleur, à fuel, à pétrole ou à gaz. Il fallait alors des temps de régénération très élevés (par exemple 3 heures) à des 25 températures élevées (par exemple 300°C). Ceci est dû au fait que la chaleur se propage très mal dans la zéolithe qui est un milieu isolant thermiquement et qui est par ailleurs très fortement endothermique du fait de l'énergie de désorption de l'eau.

30 Ces inconvénients ont amené les concepteurs de machines frigorifiques à utiliser un chauffage dans la masse, qui s'affranchit donc des limitations de la conductivité thermique. Celui-ci est obtenu dans les systèmes connus par un faisceau micro-ondes issu d'un magnétron qui est envoyé dans une cavité à parois conductrices, remplie d'une poudre de zéolithes, qui constitue le "condenseur" de la machine 35 thermique.

Ce procédé a permis d'obtenir un progrès très substantiel puisque la régénération peut s'effectuer en un temps aussi court que 8 minutes, à une température aussi basse que 110°C. Il présente cependant encore quelques inconvénients tels que :

- un rendement énergétique médiocre,
- un chauffage non homogène du volume de zéolithes,
- des difficultés pour éviter le claquage de l'onde électromagnétique dans la vapeur d'eau à basse pression,
- 5 - un coût relativement élevé.

Le dispositif suivant l'invention évite ces inconvénients puisqu'il a un rendement énergétique très élevé, qu'il fait un chauffage parfaitement homogène dans tout le volume de zéolithes, qu'il évite tous les problèmes de claquage dans la vapeur à 10 basse pression et qu'il est d'un coût de construction très bas.

L'invention concerne les pompes à chaleur utilisant un cycle à adsorption-désorption d'eau ou de fluide thermodynamique convenable par des zéolithes comportant :

- 15 - des moyens (1), (4), permettant de soumettre tout le volume des zéolithes à un champ électrique,
- des moyens (5), (8), convenables pour alimenter en énergie électrique les dits moyens (1), (4),
- 20 . Suivant une autre caractéristique, les moyens permettant de soumettre les zéolithes à un champ électrique de haute fréquence consistent essentiellement en un condensateur, dont la zéolithe (7) est le diélectrique, comportant :
 - une armature métallique extérieure (1) constituant le réservoir étanche qui contient les zéolithes (7), qui peut avantageusement être reliée électriquement à la terre,
 - 25 - une électrode centrale (4), placée à une distance sensiblement constante de (1) ; l'espace entre les deux étant rempli de zéolithes, sur lesquelles on applique une tension électrique à haute fréquence.
- 30 . Suivant une autre caractéristique, l'électrode centrale (4) est creuse, comporte sur toute sa surface des micro-trous convenables pour laisser diffuser le gaz thermodynamique entrant ou sortant du volume de zéolithes (7), et est reliée à un tube métallique (10) qui collecte ledit gaz pour le conduire jusqu'à l'évaporateur (2).
- 35 . Suivant une autre caractéristique, le tube (10) d'évacuation du gaz thermodynamique est prolongé par un tube conducteur (5) bobiné sous la forme d'un solénoïde, lequel solénoïde constitue le secondaire d'un transformateur qui

alimente en haute tension à haute fréquence l'électrode (4).

5 . Suivant une autre caractéristique, les moyens (8) permettant d'alimenter en énergie électrique le condenseur (1), (4), (7) pendant la phase de régénération des zéolithes, sont constitués par un hacheur transistorisé utilisant n'importe quel circuit connu dans les convertisseurs statiques, qui attaque un transformateur dont ce secondaire est constitué par le solénoïde (5).

10 . Suivant une autre caractéristique les moyens (8) permettant d'alimenter en énergie électrique le condenseur (1), (4), (7) pendant la phase de régénération des zéolithes, sont constitués par un hacheur transistorisé utilisant n'importe quel circuit connu dans les convertisseurs statiques d'énergie, attaquant le circuit résonant série LC, directement entre les masses des échangeurs (1) et (2).

15 . Suivant une autre caractéristique, le hacheur transistorisé est calé sur la résonance au moyen d'un circuit de commande de type autorésonant.

. Suivant une autre caractéristique, le hacheur transistorisé est utilisé comme machine frigorifique ou comme assécheur.

20 . Suivant une autre caractéristique, les moyens (8) utilisés pour alimenter en énergie le condensateur (1), (4), (7), pendant la phase de régénération des zéolithes, sont constitués d'au moins un tube électronique monté en oscillateur et fonctionnant dans une plage de fréquence comprise entre 1 MHz et 1 GHz. En haute fréquence, les condensateurs sont constitués par un transformateur (11) dont le secondaire est accordé à la fréquence de fonctionnement et dont le primaire est attaqué par un modulateur transistorisé (12).

25 . Suivant une autre caractéristique, les modulateurs (9) ou (12) sont alimentés directement par le secteur et sont du type "demi-pont".

L'invention sera de toute façon mieux comprise avec les explications qui vont suivre, données à titre indicatif et, bien entendu nullement limitatives, référencées aux dessins annexés dans lesquels :

30 . La figure 1 représente le schéma de principe d'une pompe à chaleur à cycle à adsorption-désorption sur zéolithes.

. La figure 2 représente un circuit électronique permettant d'obtenir une tension de sortie Vs de très grande amplitude grâce au phénomène de résonance série.

5 . La figure 3 représente une réalisation de pompe à chaleur à zéolithes, dans laquelle la régénération des dites zéolithes s'effectue par chauffage à haute fréquence, la haute tension à haute fréquence étant obtenue ici au moyen d'un transformateur à air résonant.

10 . La figure 4 représente une autre réalisation de pompe à chaleur à zéolithes également à régénération par chauffage à haute fréquence, dans laquelle la haute tension est obtenue par résonateur hélicoïdal réalisant un circuit résonant série.

15 Ces figures sont données à titre purement indicatif, afin de mieux comprendre le principe du dispositif, elles ne sont donc nullement limitatives et n'enlèvent, par conséquent, rien à la généralité de l'invention. Les différents éléments n'ont pas toujours été représentés suivant leurs proportions réelles, quand cela ne nuisait pas à la compréhension des figures.

20 En se reportant à la figure 1, on peut comprendre le principe de la pompe à chaleur basée sur l'exploitation d'un cycle d'adsorption-désorption sur un matériau à très grande surface spécifique comme les zéolithes. Il existe beaucoup de possibilités différentes pour ce qui concerne la nature du fluide thermodynamique. D'une façon générale, les molécules polaires conviennent bien (CO_2 , H_2O etc...). Le choix de ce fluide dépendra des températures devant être 25 obtenues sur l'évaporateur (2). Dans la plupart des applications, on choisira l'eau qui présente, en effet, une chaleur de vaporisation particulièrement favorable, de plus elle conduit à réaliser des machines non polluantes. L'eau sera intéressante dans la construction des assécheurs, des climatiseurs et des pompes à chaleur (à condition toutefois d'avoir une source de chaleur au dessus de 0°C).

30

Conceptuellement la pompe à chaleur ainsi réalisée comprend une enceinte étanche (1) remplie de zéolithes (7) qu'on conviendra d'appeler suivant la terminologie en vigueur dans la pompe à chaleur à compresseur, "condenseur" ainsi qu'une enceinte (2) qu'on appellera, pour les mêmes raisons "évaporateur".
35 En réalité, l'enceinte (2) sera alternativement condenseur pendant la régénération et évaporateur pendant la période de fonctionnement.

Ces deux enceintes sont reliées par une canalisation (10) dans laquelle circule les gaz du fluide thermodynamique. Une vanne (6) permet d'obstruer périodiquement la canalisation (10) et par suite de réguler la vitesse de pompage des vapeurs et donc la production de froid à l'évaporateur (2). Les enceintes (1) et (2) échangent de l'énergie thermique avec l'extérieur (qui peut être de l'air ou de l'eau) au moyen d'échangeurs non représentés sur la figure 1. Ceux-ci peuvent être tout à fait quelconques.

A la mise en route de la pompe on a de l'eau dans l'évaporateur et les zéolithes sont régénérées, c'est-à-dire en état de pomper des molécules d'eau. On ouvre la vanne (6) ce qui provoque une baisse de la pression de la vapeur d'eau en équilibre avec l'eau liquide dans (2). Il y a donc évaporation de cette dernière, et par conséquent, production de froid. La vapeur d'eau est alors absorbée sur les zéolithes ce qui provoque un dégagement de chaleur dans l'enceinte (1).

15

Quand les zéolithes sont saturées, le pompage cesse et il faut régénérer ces dernières. Ceci est obtenu en chauffant à au moins 100° C l'enceinte (1). La vapeur d'eau ainsi dégagée va se condenser dans l'enceinte (2) où une certaine quantité de chaleur se trouve dégagée. Cette quantité de chaleur dégagée est exactement égale à la chaleur absorbée pendant la période de fonctionnement.

Le problème qui doit être surmonté lors de la conception d'une telle pompe à chaleur est celui du mode de chauffage des zéolithes. Celles-ci sont en effet très peu conductrices de la chaleur ce qui fait que tout chauffage de la paroi de l'enceinte (1) se transmet d'autant plus difficilement aux zéolithes que celles-ci sont le siège d'une réaction de dégazage qui est très fortement endothermique.

Pour éviter cet inconvénient, on réalise dans l'invention, un chauffage à cœur des zéolithes en utilisant le principe bien connu du chauffage à haute fréquence. Pour cela, il faut soumettre chaque élément de volume de zéolithes à un champ électrique à haute fréquence E tel que :

$$E = E_0 \sin \omega t$$

La zéolithe, qui est un corps isolant, peut être assimilée à un diélectrique de permittivité relative ϵ_r et ayant un angle de pertes caractérisé par $\operatorname{tg} \delta$. On démontre que la puissance P dégagée par les pertes diélectriques par unité de volume vaut :

$$P = (\epsilon_r \cdot \epsilon_0 / 2) \operatorname{tg} \delta \cdot \omega \cdot E_0^2 \text{ (S.I.)}$$

. La figure 2 représente un circuit électronique permettant d'obtenir une tension de sortie Vs de très grande amplitude grâce au phénomène de résonance série.

5 . La figure 3 représente une réalisation de pompe à chaleur à zéolithes, dans laquelle la régénération des dites zéolithes s'effectue par chauffage à haute fréquence, la haute tension à haute fréquence étant obtenue ici au moyen d'un transformateur à air résonant.

10 . La figure 4 représente une autre réalisation de pompe à chaleur à zéolithes également à régénération par chauffage à haute fréquence, dans laquelle la haute tension est obtenue par résonateur hélicoïdal réalisant un circuit résonant série.

15 Ces figures sont données à titre purement indicatif, afin de mieux comprendre le principe du dispositif, elles ne sont donc nullement limitatives et n'enlèvent, par conséquent, rien à la généralité de l'invention. Les différents éléments n'ont pas toujours été représentés suivant leurs proportions réelles, quand cela ne nuisait pas à la compréhension des figures.

20 En se reportant à la figure 1, on peut comprendre le principe de la pompe à chaleur basée sur l'exploitation d'un cycle d'adsorption-désorption sur un matériau à très grande surface spécifique comme les zéolithes. Il existe beaucoup de possibilités différentes pour ce qui concerne la nature du fluide thermodynamique. D'une façon générale, les molécules polaires conviennent bien (CO_2 , H_2O etc...). Le choix de ce fluide dépendra des températures devant être obtenues sur l'évaporateur (2). Dans la plupart des applications, on choisira l'eau qui présente, en effet, une chaleur de vaporisation particulièrement favorable, de plus elle conduit à réaliser des machines non polluantes. L'eau sera intéressante dans la construction des assécheurs, des climatiseurs et des pompes à chaleur (à condition toutefois d'avoir une source de chaleur au dessus de 0°C).

25 30

Conceptuellement la pompe à chaleur ainsi réalisée comprend une enceinte étanche (1) remplie de zéolithes (7) qu'on conviendra d'appeler suivant la terminologie en vigueur dans la pompe à chaleur à compresseur, "condenseur" ainsi qu'une enceinte (2) qu'on appellera, pour les mêmes raisons "évaporateur".
35 En réalité, l'enceinte (2) sera alternativement condenseur pendant la régénération et évaporateur pendant la période de fonctionnement.

Ces deux enceintes sont reliées par une canalisation (10) dans laquelle circule les gaz du fluide thermodynamique. Une vanne (6) permet d'obstruer périodiquement la canalisation (10) et par suite de réguler la vitesse de pompage des vapeurs et donc la production de froid à l'évaporateur (2). Les enceintes (1) et (2) échangent de l'énergie thermique avec l'extérieur (qui peut être de l'air ou de l'eau) au moyen d'échangeurs non représentés sur la figure 1. Ceux-ci peuvent être tout à fait quelconques.

A la mise en route de la pompe on a de l'eau dans l'évaporateur et les zéolithes sont régénérées, c'est-à-dire en état de pomper des molécules d'eau. On ouvre la vanne (6) ce qui provoque une baisse de la pression de la vapeur d'eau en équilibre avec l'eau liquide dans (2). Il y a donc évaporation de cette dernière, et par conséquent, production de froid. La vapeur d'eau est alors absorbée sur les zéolithes ce qui provoque un dégagement de chaleur dans l'enceinte (1).

15

Quand les zéolithes sont saturées, le pompage cesse et il faut régénérer ces dernières. Ceci est obtenu en chauffant à au moins 100° C l'enceinte (1). La vapeur d'eau ainsi dégagée va se condenser dans l'enceinte (2) où une certaine quantité de chaleur se trouve dégagée. Cette quantité de chaleur dégagée est exactement égale à la chaleur absorbée pendant la période de fonctionnement.

Le problème qui doit être surmonté lors de la conception d'une telle pompe à chaleur est celui du mode de chauffage des zéolithes. Celles-ci sont en effet très peu conductrices de la chaleur ce qui fait que tout chauffage de la paroi de l'enceinte (1) se transmet d'autant plus difficilement aux zéolithes que celles-ci sont le siège d'une réaction de dégazage qui est très fortement endothermique.

Pour éviter cet inconvénient, on réalise dans l'invention, un chauffage à cœur des zéolithes en utilisant le principe bien connu du chauffage à haute fréquence. Pour cela, il faut soumettre chaque élément de volume de zéolithes à un champ électrique à haute fréquence E tel que :

$$E = E_0 \sin\omega t$$

La zéolithe, qui est un corps isolant, peut être assimilée à un diélectrique de permittivité relative ϵ_r et ayant un angle de pertes caractérisé par $\operatorname{tg}\delta$. On démontre que la puissance P dégagée par les pertes diélectriques par unité de volume vaut :

$$P = (\epsilon_r \cdot \epsilon_0 / 2) \operatorname{tg} \delta \cdot \omega \cdot E_0^2 \text{ (S.I.)}$$

Si le champ électrique est homogène dans tout le volume de zéolithes, la puissance dégagée en chaque point est la même, et donc la température est uniforme, ce qui signifie que la conductivité thermique n'a plus aucun rôle à jouer. Dans ces 5 conditions, le chauffage peut être très rapide. Il n'est limité, en fait, que par la puissance du générateur électrique alimentant le système de régénération.

On conçoit dès lors qu'il est important de soumettre tout le volume de zéolithes à un champ électrique uniforme. Ceci peut être obtenu en réalisant un condensateur 10 double condensateur, plan comme celui schématisé sur la figure 3. A l'intérieur de l'enceinte métallique (1), qui peut avantageusement avoir la forme d'un parallélépipède, on place une électrode métallique (4) de forme également parallélépipédique, ayant des dimensions convenables de telle sorte que la distance e qui sépare (1) de (4) soit partout constante. L'électrode (4) est creuse et possède 15 des parois latérales perforées de petits trous, non visibles sur la figure 3. Ces trous sont assez petits pour ne pas laisser pénétrer les zéolithes à l'intérieur de l'électrode (4), laquelle permet de collecter ou de distribuer le gaz thermodynamique à tout le volume (7) sans pertes de charges excessives. Ce gaz vient ou va vers l'évaporateur (2) par une canalisation (10) en tube de cuivre ou 20 de tout autre métal à faible résistivité, laquelle pénètre dans l'enceinte (1) par une borne isolante (9) et se connecte sur l'électrode (4).

La canalisation (10) permet ainsi d'alimenter électriquement (4) et on conçoit dès lors qu'on a effectivement réalisé un condensateur dont on introduit le 25 diélectrique (7) dans l'espace situé entre (4) et (1).

Un point très important doit être signalé : c'est le risque de claquage dans la vapeur du fluide thermodynamique qui se trouve nécessairement, au moins pendant un temps, sous faible pression, d'où le risque de réaliser une décharge à 30 basse pression ce qui court-circuiterait le générateur qui alimente (4). Pour se prémunir contre cet accident, il faut éviter qu'une colonne de gaz puisse s'établir entre (1) et (4). A cet effet, tout le volume entre ces deux éléments sera complètement rempli de zéolithes, ce qui suffit à empêcher l'apparition d'une décharge. Il ne reste plus alors qu'à éviter un claquage dans le tube (10).

35

Ceci est obtenu en utilisant ce tube pour réaliser le générateur de haute tension et comme on peut le voir sur la figure 3 ou sur la figure 4, la canalisation (10) est en tout point conductrice et permet de relier (1) à (2) sans que le gaz qui passe à

l'intérieur ne soit soumis à un quelconque champ électrique. Les claquages sont donc impossibles.

- Le générateur qui alimente en haute tension peut être réalisé comme schématisé
 5 sur la figure 3, où la canalisation (10) constitue un solénoïde (12) de telle sorte que (11) et (12) constituent un transformateur accordé sur la fréquence d'attaque f du primaire, par le générateur (8). On a :

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

- où C est la capacité fournie entre (1) et (4). Le circuit de commande du primaire
 10 fournit une puissance élevée car on est, en général, intéressé par une régénération rapide, avec un rapport cyclique T/τ élevé (T étant la durée totale d'un cycle et τ le temps de régénération). Si on désigne par P_o la puissance frigorifique de la pompe à chaleur pendant son fonctionnement normal, la puissance de régénération P_r doit être telle que

$$P_r = T/\tau \cdot P_o$$

Elle peut atteindre en pratique plusieurs kW, ce qui suffit à montrer que les solutions de régénération par micro-ondes seraient beaucoup trop coûteuses si on voulait atteindre de telles puissances.

- 20 Sur la figure 3, le générateur (8) est un hacheur du type "demi-pont symétrique". Il comporte deux transistors, ou batteries de transistor T_1 et T_2 qui peuvent avantageusement être du type MOS de puissance. Le hacheur peut fonctionner à une fréquence de l'ordre de 1 MHz, si on soigne bien le transformateur non représenté sur la figure, qui assure la commande des "gates" des dits transistors. On
 25 notera que le redresseur est directement attaqué par le secteur ce qui permet de réduire considérablement l'encombrement et le coût de l'électronique.

- Une autre façon d'obtenir une tension élevée est schématisée sur la figure 2. Elle consiste à disposer en série, avec le générateur de crêtes carrés (8), le circuit
 30 L.C. On démontre que dans un tel circuit, la tension de sortie V_s vaut :

$$V_s = 1,27 Q_e E$$

où Q_e est le coefficient de surtension du circuit en charge, c'est-à-dire, compte-tenu des pertes dans le diélectrique, et où E est l'amplitude des crêtes carrés.

- 35 On voit que si $E = 155$ V comme c'est le cas avec redressement du secteur et si $Q_e = 100$ ce qui est réaliste, on obtient :

$$V_s = 19,7 \text{ kV.}$$

La figure 4 représente une mise en oeuvre de ce type du circuit avec l'utilisation d'un résonateur hélicoïdal (13), comportant une inductance en tube de cuivre (14) placée dans un blindage en cuivre (15) dont le rôle est d'éviter une émission intense de rayonnement électromagnétique

On reconnaît sur cette figure les mêmes éléments que ceux rencontrés sur la figure 3 :

- l'électrode creuse (4) qui est entourée de zéolithes (7),
- 10 -la cavité métallique (1) qui entoure (4) et qui possède de part et d'autre des ailettes (16) convenables pour assurer un échange thermique avec un flux d'air qui circule suivant les flèches en traits mixtes,
- un isolateur étanche au vide (9), qui est traversé par le tube (10) qui assure simultanément l'alimentation électrique de (4) et la circulation du fluide thermodynamique,
- 15 -une inductance (14) constituée d'un tube de cuivre à l'intérieur duquel circule le fluide thermodynamique,
- une vanne (6) commandée électriquement qui permet, pendant le fonctionnement normal c'est-à-dire pendant la production de froid, de contrôler la température de l'évaporateur (2) grâce à un circuit électronique non représenté sur la figure 4. Cette vanne a la particularité de fonctionner comme clapet anti-retour, c'est-à-dire que pendant la phase de régénération elle laisse passer librement le fluide thermodynamique dans le sens condenseur-évaporateur, c'est-à-dire dans le sens (4) ---> (2),
- 20 -un évaporateur (2) qui comporte sur ses faces latérales des ailettes (17) convenable pour échanger de l'énergie avec un flux d'air représenté sur la figure (4) par des flèches en traits mixtes,
- un générateur électrique (8) constitué par un modulateur à crêneaux carrés pouvant être de l'un des quelconques modèles connus (hacheur non isolé, push-pull, forward, fly-back, pont disymétrique, demi-pont etc...). On a représenté sur la figure 4 un montage du type "pont symétrique" utilisant quatre transistors ou groupes de transistors T1, T2, T3, et T4 qui peuvent avantageusement être du type "MOS de puissance".

35

La figure ne représente pas la commande de gates qui est du type auto-résonant ce qui signifie que la fréquence du commutateur secale automatiquement sur la fréquence de résonance du circuit L.C., ce qui est nécessaire car les valeurs de L et

C peuvent fluctuer avec la température où le taux de saturation des zéolithes.

L'alimentation en tension continue du hacheur s'effectue directement sur le secteur, tout au moins dans tous les cas où on veut réduire le coût de l'électronique.

5

Les sorties du générateur (8) attaquent directement la masse des échangeurs (1) et (2). Il convient de noter que, dans le cas où on n'utilise pas de transformateur pour alimenter le circuit (8), les masses des échangeurs (1) et (2) doivent être protégées par des capots isolants par mesure de sécurité.

10

L'invention peut être utilisée dans toutes les applications de machines frigorifiques et notamment :

15

- les assécheurs thermodynamiques,
- les pompes à chaleur domestiques ou industrielles,
- les groupes frigorifiques,
- les unités de traitement de l'air et d'une façon générale toutes les applications où il faut faire du froid.

REVENDICATIONS

1. Pompe à chaleur utilisant un cycle à adsorption-désorption d'eau ou de fluide thermodynamique convenable par des zéolithes, caractérisé en ce qu'il comporte:
 - des moyens (1), (4), permettant de soumettre tout le volume des zéolithes à un champ électrique de haute fréquence, convenable pour chauffer l'eau dans celui-ci,
 - des moyens (5), (8), convenables pour alimenter en énergie électrique les dits moyens (1), (4),
2. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens permettant de soumettre les zéolithes à un champ électrique de haute fréquence consistent essentiellement en un condensateur dont la zéolithe (7) est le diélectrique, comportant :
 - une armature métallique extérieure (1) constituant le réservoir étanche qui contient les zéolithes (7), qui peut avantageusement être reliée électriquement à la terre,
 - une électrode centrale (4), placée à une distance sensiblement constante de (1) ; l'espace entre les deux étant rempli de zéolithes, sur lesquelles on applique une tension électrique à haute fréquence.
3. Dispositif suivant la revendication 2 caractérisé en ce que l'électrode centrale (4) est creuse, comporte sur toute sa surface des micro-trous convenables pour laisser diffuser le gaz thermodynamique entrant ou sortant du volume de zéolithes (7) et est reliée à un tube métallique (10) qui collecte ledit gaz pour le conduire jusqu'à l'évaporateur (2).
4. Dispositif suivant la revendication 3 caractérisé en ce que le tube (10) d'évacuation caractérisé du gaz thermodynamique est prolongé par un tube conducteur (5) bobiné sous la forme d'un solénoïde, lequel solénoïde constitue le secondaire d'un transformateur qui alimente en haute tension à haute fréquence l'électrode (4).
5. Dispositif suivant les revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les moyens (8) permettant d'alimenter en énergie électrique le condenseur (1), (4), (7), pendant la phase de régénération des zéolithes, sont constitués par un hacheur transistorisé utilisant n'importe quel circuit comme dans les convertisseurs

statiques, qui attaque un transformateur dont ce secondaire est constitué par le solénoïde (5).

6. Dispositif suivant les revendications 1 ou 2 caractérisé en ce que les moyens (8) 5 permettant d'alimenter en énergie électrique le condenseur (1), (4), (7), pendant la phase de régénération des zéolithes, sont constitués par un hacheur transistorisé utilisant n'importe quel circuit connu dans les convertisseurs statiques d'énergie, attaquant le circuit résonant série LC, directement entre les masses des échangeurs (1) et (2).
- 10 7. Dispositif suivant les revendications 5 ou 6, caractérisé en ce que le hacheur transistorisé est calé sur la résonance au moyen d'un circuit de commande de type autorésonant.
- 15 8. Dispositif suivant les revendications 2, 3 ou 4 caractérisé en ce qu'il est utilisé comme machine frigorifique ou comme assécheur.
- 20 9. Dispositif suivant les revendications 2, 3 ou 4, caractérisé en ce que les moyens (8) utilisés pour alimenter en énergie le condensateur (1), (4), (7), pendant la phase de régénération des zéolithes, sont constitués d'au moins un tube électronique monté en oscillateur et fonctionnant dans une plage de fréquence comprise entre 1MHz et 1 GHz. En haute fréquence les condensateurs sont constitués par un transformateur (11) dont le secondaire est accordé à la fréquence de fonctionnement et dont le primaire est attaqué par un modulateur 25 transistorisé (12).
10. Dispositif suivant la revendication (5) caractérisé en ce que les modulateurs (9) ou (12) sont alimentés directement par le secteur et sont du type "demi-pont".

Pl. 1-II

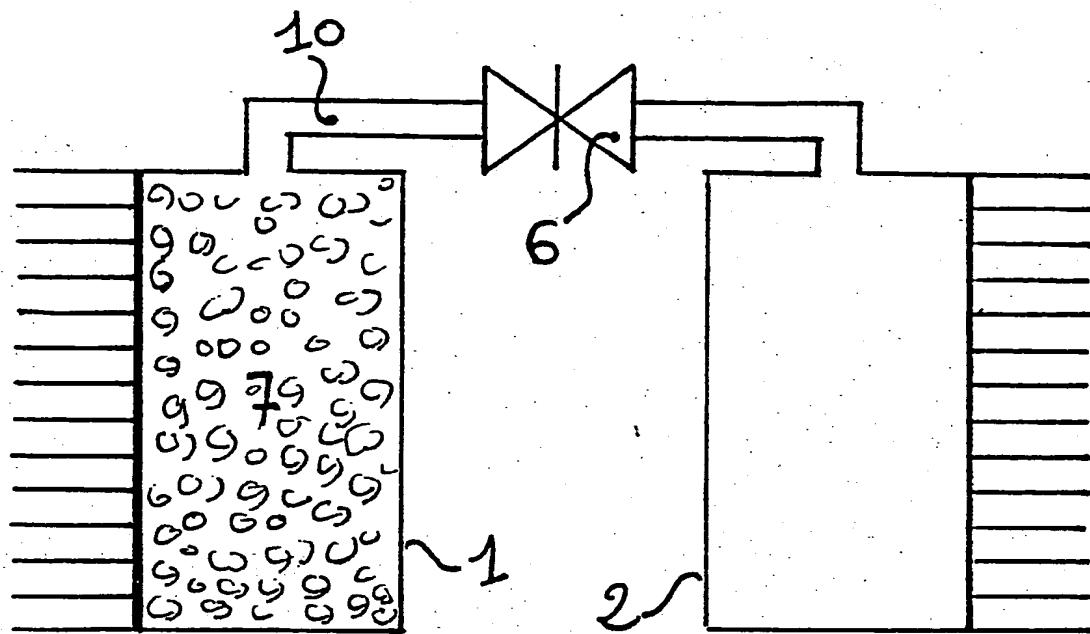


Fig. 1

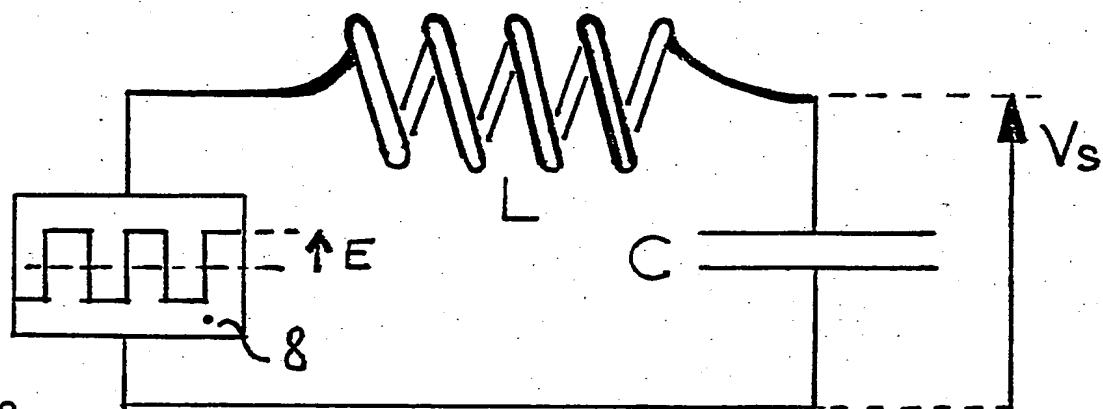


Fig. 2

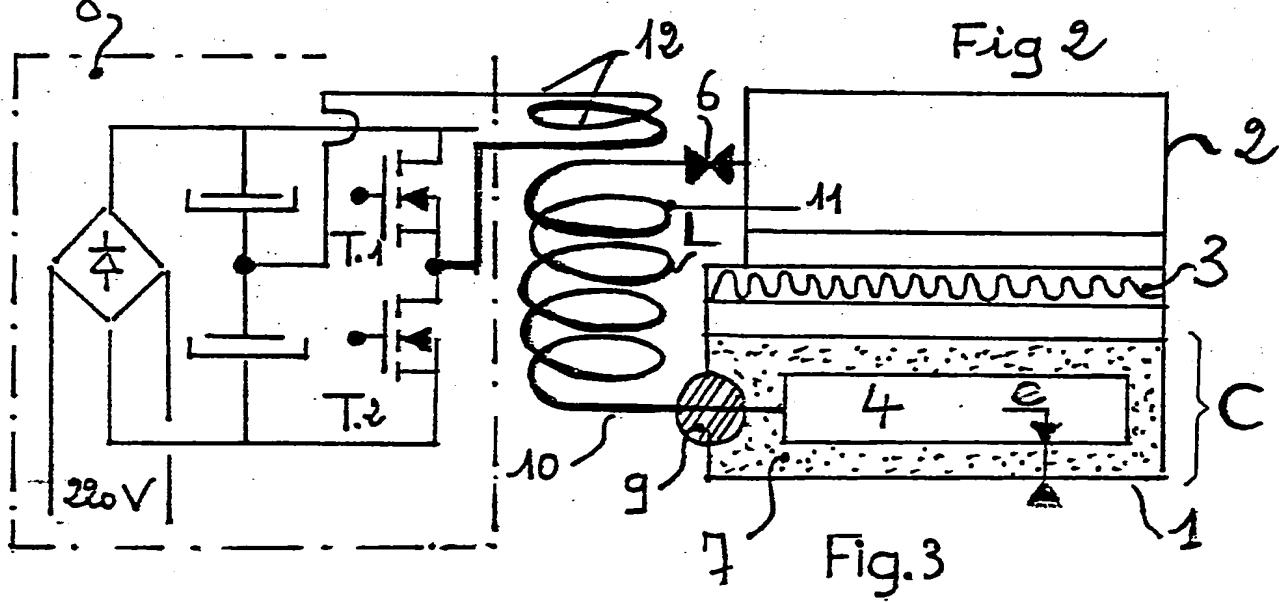


Fig. 3

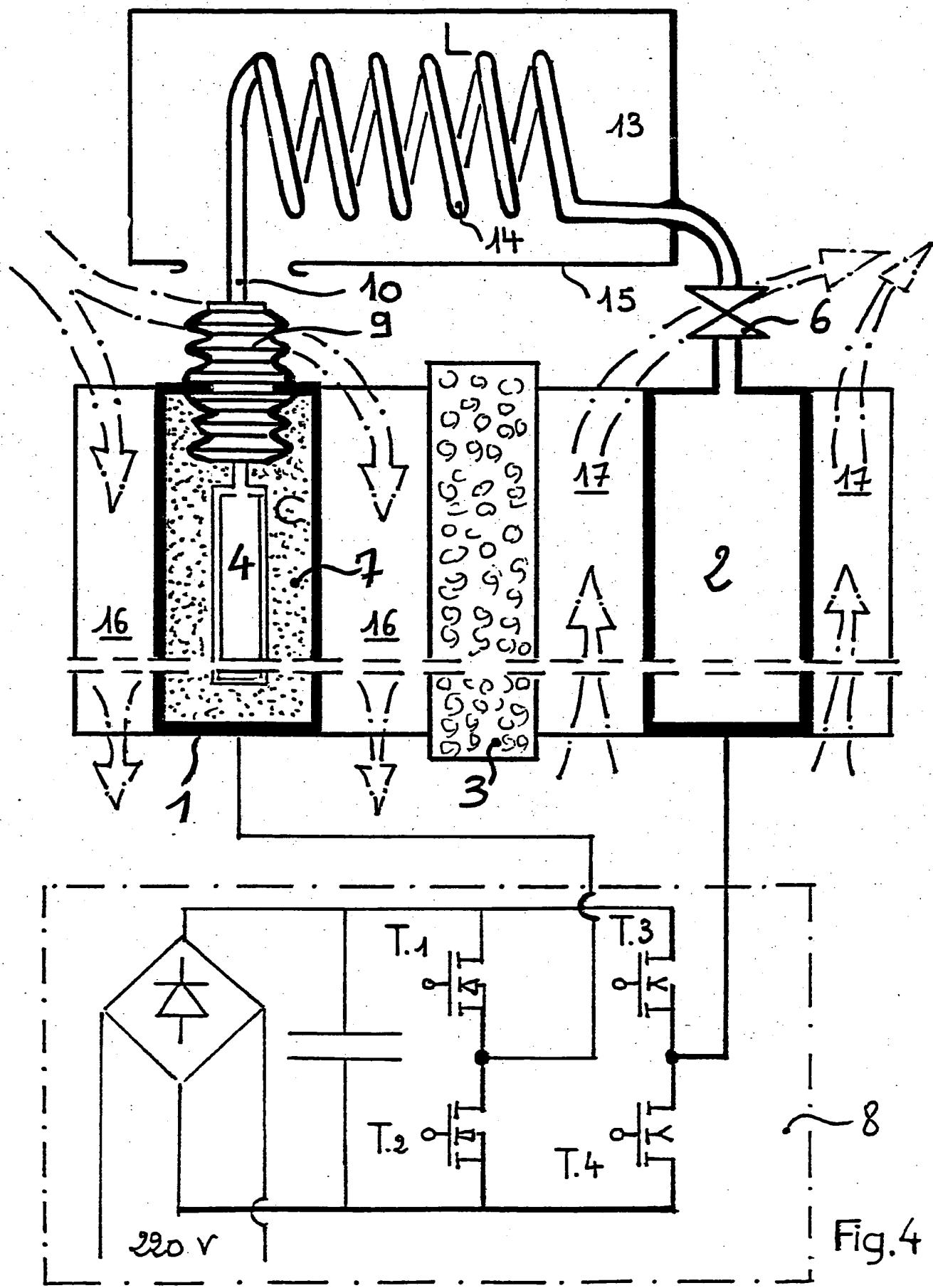


Fig.4

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE**

RAPPORT DE RECHERCHE

établi sur la base des dernières revendications déposées ayant le commencement de la recherche

2666141

**N° d'enregistrement
national**

FR 9010746
FA 446254

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	FR-A-2 544 842 (BLAIZAT) * Page 1, ligne 29 - page 4, ligne 9; figures 1-2 * ---	1
A	US-A-3 786 221 (SILVERMAN) * Colonne 6, ligne 10 - colonne 8, ligne 52; figures 1,2 *	1-3,9
A	GB-A- 217 869 (METROPOLITAN-VICKERS ELECTRICAL) * Page 1, ligne 54 - page 4, ligne 59; figures 1-9 *	1,2,5,9
A	GB-A- 379 391 (ELECTROLUX) ---	
A	US-A-1 877 536 (RUCKELSHAUS) ---	
A	FR-A- 875 446 (I.G. FARBENINDUSTRIE) ---	
A	EP-A-0 098 595 (TOXIC-HAZARDOUS WASTE DESTRUCTION) ---	
A	US-A-2 304 958 (ROUY) -----	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		F 25 B H 05 B
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur
13-05-1991		BOETS A.F.J.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
X : particulièrement pertinent à lui seul	T : théorie ou principe à la base de l'invention	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie	E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général	D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite	L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire	& : membre de la même famille, document correspondant	

THIS PAGE BLANK (USPTO)